

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

**Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.**

**Defects in the images may include (but are not limited to):**

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2002年1月17日 (17.01.2002)

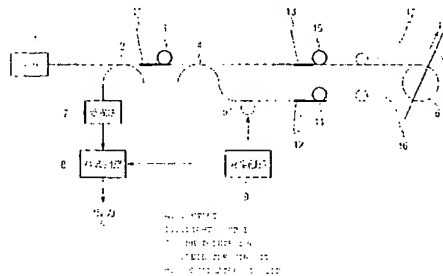
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 02/04964 A1

- (51) 国際特許分類 G01R 15/24 電子工業株式会社内 Tokyo (JP). 寺井清寿 (TERAI, Kiyohisa) [JP/JP]: 〒222-0026 神奈川県横浜市港北区篠原町93-1 コスモ横浜妙蓮寺311 Kanagawa (JP). 高橋正雄 (TAKAHASHI, Masao) [JP/JP]: 〒251-0016 神奈川県藤沢市弥勒寺3丁目7-20 Kanagawa (JP). 佐々木欣一 (SASAKI, Kinichi) [JP/JP]: 〒211-0021 神奈川県川崎市中原区木月住吉町1931 クレアーレ東芝元住吉323 Kanagawa (JP).
- (21) 国際出願番号 PCT/JP01/05853
- (22) 国際出願日 2001年7月5日 (05.07.2001)
- (25) 国際出願の言語 日本語
- (26) 国際公開の言語 日本語
- (30) 優先権データ  
特願2000-200111 2000年7月7日 (07.07.2000) JP
- (71) 出願人 (米国と韓国での指定国について): 日本航空電子工業株式会社 (JAPAN AVIATION ELECTRONICS INDUSTRY LIMITED) [JP/JP]: 〒150-0043 東京都渋谷区道玄坂一丁目21番2号 Tokyo (JP). 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]: 〒105-8001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): CN, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- 添付公開書類:  
国際調査報告書
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (韓国についてのみ): 大野有孝 (OHNO, Aritaka) [JP/JP]: 〒150-0043 東京都渋谷区道玄坂一丁目21番2号 日本航空
- 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: SIGNAL PROCESSING INTERFEROMETER CURRENT SENSOR

(54) 発明の名称: サニヤック干渉計型電流センサ



(57) Abstract: A Signal interferometer current sensor can be constructed at a low cost as a whole by interposing a depolarizer (11) between an optical branching unit (2) and a polarization filter (3), interposing a polarization filter (14) between an optical phase modulator (5) and a quarter-wave plate (16), interposing a depolarizer (13) and a polarization filter (15) between a branching end of an optical branching unit (4) and a quarter-wave plate (17), using single-mode optical fiber for the optical branching unit (2) and the optical phase modulator (5), and connecting those elements via single-mode optical fibers.

[続葉有]

WO 02/04964 A1



---

(57) 要約:

光分岐器 2 と偏光フィルタ 3 の間にデポライザ 1 1 を挿入し、光位相変調器 5 と 1 / 4 波長板 1 6 との間にデポライザ 1 2 と偏光フィルタ 1 4 を挿入し、光分岐器 4 の他方の分岐端と 1 / 4 波長板 1 7 との間にデポライザ 1 3 と偏光フィルタ 1 5 とを挿入し、光分岐器 2 及び光位相変調器 5 をシングルモード光ファイバで構成し、かつ素子間をシングルモード光ファイバで接続する。全体として安価に構成することができる。

## 明 細 書

## サニヤック干渉計型電流センサ

## 5 技術分野

この発明は、電流により生じる磁界内に、光ファイバコイルを配し、その光ファイバコイルに右回り光と左回り光を伝搬させ、これら両光がファラデー効果により偏光面が互いに反対方向に回転して位相差が生じ、その位相差を検出することにより上記電流を測定するサニヤック干渉計型電流センサに関する。

10

背景技術

送配電技術分野において送配電線に流通する電流を測定するには、一般に、鉄心と巻線コイルより成る変成器を使用している。この変成器は純粋に電氣的な機器であるので、耐電気ノイズ性および耐電気絶縁性を満足する必要がある、変成器を設置するところに依ってはその外形寸法に考慮を払う必要がある。

ところで、電氣的ノイズに影響されず、かつ電気絶縁性を確保することを要しない電流センサとして、光ファイバコイルにより構成されるサニヤック干渉計を使用するものが研究開発されている。即ち、光ファイバコイルにより構成されるサニヤック干渉計は、光ファイバジャイロとして運動体の回転検出に使用されてきたが、サニヤック干渉計は回転検出の外に電流により生ずる磁界に反応する特性を示すところから、この特性を利用することにより電流測定を行うことができる。即ち、透明物質である光ファイバコイルはこれに磁界を印加すると、ファラデー効果により偏光面の回転が生じ、この偏光面の回転角は、磁界の強さと、その磁界を光が通過する距離とに比例する。偏光面の回転に起因して、光ファイバコイルを周回する左回り光と右回り光の間に位相差を生ずる。この位相差を検出することによりこの磁界を生起した電流の値を検出することができる。以下、サニヤック干渉計型電流センサの従来例を図1を参照して説明する。

図1において、光源1から出射された光は、光方向性結合器として用いられる第1の光分岐器2を通り、更に第1の偏光フィルタ3を介して第2の光分岐器4

に至り、第2の光分岐器4において2分配されて、電流検出コイル6内に左回り光および右回り光として入射される。この左回り光となる光は、位相変調器5において位相変調され、光位相変調された後、第1の1/4波長板16を通過して電流検出コイル6の一端に入射され、コイル6内を左回りに周回してコイル6より出射し、第2の1/4波長板17に入射され、これより第2の光分岐器4、第1の偏光フィルタ3を順次通過して第1の光分岐器2に入射され、これにより分岐されて受光器7に到達し、これにて受光される。一方、第2の光分岐器4よりの右回り光となる光は、第2の1/4波長板17を通過して電流検出コイル6に入射され、コイル6内を右回りに周回して、コイル6より出射し、第1の1/4波長板16に入射され、これより位相変調器5において光位相変調され、その位相変調された右回り光は第2の光分岐器4、第1の偏光フィルタ3を順次通過し、第1の光分岐器2に入射され、これにより分岐されて受光器7に到達し、これにて受光される。なお、第1の1/4波長板16および第2の1/4波長板17は、それぞれ偏光フィルタ3を介して入射された直線偏光を円偏光に変換して出射し、入射された円偏光を直線偏光として出射する。なお位相変調器5には発振回路9から変調信号が入力され、右回り光、左回り光に対する光位相変調が行われる。

電流検出コイル6に磁界が印加されている場合のコイル端を、その直径方向が電線10の延長方向となるように電線10を近づけ電流検出コイル6を周回した後の左回り光および右回り光の相互間には、位相差が生じており、電流検出コイル6より出射した左回り光および右回り光に第2の光分岐器4において合成干渉し、その結果、前記位相差に応じた光強度変化した位相変調光が受光器7に受光されることになる。この干渉光の強度変化の周波数は発振回路9から変調信号の周波数と一致し、その位相は前記左回り光と右回り光との位相差と対応している。受光器7に到達した位相変調光はここにおいてその光強度に応じて振幅が変化する電気信号に変換される。この光電変換された電気信号は同期検波器8に入力される。同期検波器8には発振回路9から、位相変調器5へ供給する変調信号が参照信号として入力され、入力された受光器7の出力が同期検波される。この同期検波出力は電流検出コイル6に印加される磁界に比例する位相差に対応したものとなる（なお、位相変調の詳細は、当該特許出願人の出願に関わる、日本国特許

公開 99/351883 号公報、日本国特許公開 01/21363 号公報参照)。

サニヤック干渉計型電流センサは、上述した通り、円偏光を電流検出コイルがその両端から左回り光、右回り光として入射、伝播させ、位相差の生じた両光を干渉させて、その干渉光の光強度変化から、電流検出コイルに印加された磁界を発生させた電流の値を測定する。

サニヤック干渉計を電流センサとして構成動作させる場合、上述した通り、電流検出コイル 6 に入射される光は円偏光である必要がある。この要請を満足するに、図 1 に示した従来例においては、太線により図示される光ファイバを偏波維持光ファイバにより構成している。即ち、電流検出コイル 6 を構成する光ファイバを除いて、光源 1 から第 1 の光分岐器 2 に至る 1 m 程度の長さの光ファイバ、第 1 の光分岐器 2 から第 1 の偏光フィルタ 3 に至る 1 m 程度の長さの光ファイバ、第 1 の偏光フィルタ 3 から第 2 の光分岐器 4 に至る 1 m 程度の光ファイバ、第 2 の光分岐器 4 から位相変調器 5 に至る 1 m 程度の長さの光ファイバのそれぞれを偏波維持光ファイバにより構成している。そして、第 2 の光分岐器 4 から第 1 の 1/4 波長板 16 に至る光ファイバおよび第 2 の光分岐器 4 から第 2 の 1/4 波長板 17 に至る光ファイバの各長さは、電流検出コイル 6 を構成する光ファイバの全長を 10 m とすると、およそ 50 m 程度に設定され、この 50 m 程度の光ファイバを偏波維持光ファイバにより構成している。そして、この従来例は、図示される通り、第 1 の光分岐器 2、第 1 の偏光フィルタ 3、第 2 の光分岐器 4 をもそれぞれ偏波維持光ファイバにより構成している。

光源 1 からの光の固有軸と第 1 の光分岐器 2 に接続するための偏波維持光ファイバの固有軸とを合わせるための調整に多くの時間を要し、それだけこの電流センサは高価なものとなる。また偏波維持光ファイバは、偏波面を保存することを保証しないシングルモード光ファイバと比較して、可成り高価である。このため、図 1 に示した従来のサニヤック干渉計型電流センサは高価なものであった。

図 2 は、図 1 に示した従来例に長さ調整用光ファイバコイルを接続したサニヤック干渉計型電流センサを示す。

サニヤック干渉計において、検出コイルはシングルモード光ファイバを捲回して構成されるが、これを電流検出コイル 6 として使用する場合はその全長を 10

- m程度の長さ設計にすれば、電流を検出するには充分である。ところで、サニヤック干渉計は、受光器7において光電変換された電気信号を良好な感度で検出するために、前述したように検出コイル6の一方の端部に位相変調器5を挿入して、左回り光、右回り光に対し交流的に光位相変調を行うことが一般に行われている。
- 5 検出コイル6の光ファイバ長が10m程度であると、左右両回り光の伝播時間差が充分には得られないので、両光の干渉光に充分な変調振幅を得ることが難しい。この問題を解消するために、検出コイル6の一端に長さ調整用光ファイバコイル60を直列に接続し、第2の光分岐器4の一方の分岐端から検出コイル6および長さ調整用光ファイバコイル60を含み第2の光分岐器4の他方の分岐端に至る光ファイバ長を100m程度に設定することが行われる。即ち、検出
- 10 コイル6の光ファイバ長を10mとすると、長さ調整用光ファイバコイル60の光ファイバ長は90m程度に設計する。位相変調器5の最適駆動周波数に対する変調周波数の誤差がスパイク信号幅に比例し、これがバイアス変動の要因となるので、長さ調整用光ファイバコイル60を含む検出コイル長Lと変調周波数fの
- 15 乗算値を、一般に、次式を満足する値に設計する。

$$f \cdot L = c / 2n$$

ここで、c：光速      n：光ファイバ屈折率

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/sec}, n = 1.45 \text{ とすれば、}$$

$$f \cdot L = 100 \text{ m} \cdot \text{MHz}$$

- 20 となる。

- 図2に示したサニヤック干渉計型電流センサも、シングルモード光ファイバにより構成されるべき電流検出コイル6を除いて、光学素子および光学素子間を接続する光ファイバを、太線により図示される偏波維持光ファイバにより構成しており、更に、90mにも及ぶ光ファイバの長さ調整用光ファイバコイル60も偏
- 25 波維持光ファイバにより構成されている。これによりサニヤック干渉計型電流センサ全体の価格が高価になっていた。

この発明は、偏波維持光ファイバを使用することに基づく上述の問題を解消したサニヤック干渉計型電流センサを提供することを目的とするものである。

発明の開示

この発明は出射される光が光方向性結合器を通じて第1の偏光フィルタに入射され、第1の偏光フィルタから出射される所定の偏光面の直線光が第2の光分岐器で2分され、その一方は光位相変調器を通り、更に第1の1/4波長板を通り、他方は第2の1/4波長板を通り、それぞれ左回り光および右回り光として電流  
5 検出コイルの両端に入射されるサニャック干渉計型電流センサを前提とし、この発明の第1面によれば光方向性結合器と第1の偏光フィルタの間に第1のデポラライザが挿入されていることを特徴とする。

好ましくは更に光位相変調器と第1の1/4波長板との間に第2のデポラライザー第2の偏光フィルタが挿入接続され、また第2の光分岐器の他方の分岐端と  
10 第2の1/4波長板との間に第3のデポラライザー第3の偏光フィルタが挿入接続される。

この発明の第2の面によれば光位相変調器と第1の1/4波長板との間に第2のデポラライザー第2の偏光フィルタが挿入接続され、第2の光分岐器の他方の分岐端と第2の1/4波長板との間に第3のデポラライザー第3の偏光フィルタ  
15 が挿入接続され、光源は無偏光特性の光源が用いられる。

また、好ましくは、第2の光分岐器の一方の分岐と第1の1/4波長板との間に第1の長さ調整用光ファイバコイルが直列に接続され、第2の光分岐器の他方の分岐端と第2の1/4波長板との間に第2の長さ調整用光ファイバコイルが直列に接続され、両長さ調整用光ファイバコイルの捲回の向きが互いに逆向きとされ、かつ、その中心軸がほぼ同一直線上に位置している。  
20

更に好ましくはこれら第1及び第2の長さ調整用光ファイバコイルと電流検出コイルとの中心軸がほぼ同一直線上に在り、かつ、これら3個のコイルが受けるサニャック効果に基づく光の位相変化が互いに打消されるようにされる。

また好ましくは光方向性結合器と第2の光分岐器の間が分割され、これらが第  
25 1の光コネクター延長光ファイバー第2の光コネクタ22により接続される。

あるいは第2の分岐器と第1の1/4波長板および第2の1/4波長板との各間が分割され、これらが第1の光コネクター2本の延長光ファイバー第2の光コネクタ22により接続されることが好ましい。



### 図面の簡単な説明

- 図 1 は従来例を説明する図である。
- 図 2 は長さ調整用光ファイバコイルを接続した従来例を説明する図である。
- 図 3 はこの発明の実施例を説明する図である。
- 5 図 4 はデポラライザを説明する図である。
- 図 5 はこの発明の他の実施例を説明する図である。
- 図 6 は長さ調整用光ファイバコイルを接続したこの発明の実施例を説明する図である。
- 図 7 は複数ブロックに分割したこの発明の実施例を説明する図である。
- 10 図 8 は複数ブロックに分割したこの発明の他の実施例を説明する図である。

### 発明を実施するための最良の形態

この発明の実施の形態を、図 3 に示す実施例を参照して説明する。

- 図 3 において図 1 と対応する部分に同一参照番号を付けてある。この発明の実  
15 施例では、光学素子相互間を接続する光ファイバはシングルモード光ファイバに  
より構成すると共に、入射された光を無偏光に変換して出射するデポラライザが  
用いられる。

- 光源 1 から出射された光は光方向性結合器としての第 1 の光分岐器 2 を通じて  
第 1 のデポラライザ 1 1 に入射され、その透過光は直交モード間の光量が等しい  
20 無偏光に変換される。第 1 のデポラライザ 1 1 から出射される無偏光は第 1 の偏  
光フィルタ 3 に入射されて或る所定の偏光面内の直線偏光が選択出射され、この  
直線偏光は第 2 の光分岐器 4 に入射されて、左回り光および右回り光に 2 分岐さ  
れる。この分岐された左回り光は、位相変調器 5 において光位相変調され、光位  
相変調された左回り光は第 2 のデポラライザ 1 2 に入射されて無偏光に変換され、  
25 次いで、第 2 の偏光フィルタ 1 4 に入射され或る所定偏光面内の直線偏光に変換  
される。第 2 の偏光フィルタ 1 4 から出射された直線偏光は第 1 の  $1/4$  波長板  
1 6 を通過して円偏光に変換される。この円偏光はシングルモード光ファイバよ  
り成る電流検出コイル 6 の一端に入射され、電流検出コイル 6 内を左回りに周回  
し、電流検出コイル 6 の他端より出射し、これより第 2 の  $1/4$  波長板 1 7、第

3の偏光フィルタ15をこの順に通過して或る所定偏光面内の直線偏光に変換される。この直線偏光は第3のデポラライザ13を通過して無偏光に変換されて、第2の光分岐器4に入射される。第2の光分岐器4を通過した光は第1の偏光フィルタ3および第1のデポラライザ11を順次通過して無偏光とされて、第1の  
5 光分岐器2に入射され、これより受光器7に受光される。

一方、第2の光分岐器4にて分岐された右回り光は、第3のデポラライザ13に入射されて無偏光に変換され、次いで、第3の偏光フィルタ15に入射され或る所定偏光面内の直線偏光に変換される。この直線偏光は第2の1/4波長板17を通過して円偏光に変換され、この円偏光は電流検出コイル6に入射され、電  
10 流検出コイル6を右回りに周回してコイル6から出射し、この出射光は第1の1/4波長板16、第2の偏光フィルタ14を順次通過して或る所定偏光面内の直線偏光に変換される、この直線偏光は第2のデポラライザ12を通過して無偏光に変換され、この無偏光は位相変調器5に入射され、光位相変調される。この光位相変調された右回り光は第2の光分岐器4を通過し、更に第1の偏光フィルタ  
15 3および第1のデポラライザ11を順次通過して無偏光とされ、この無偏光は第1の光分岐器2より通過して受光器7に受光される。

図3において、電流により発生せしめられた磁界が電流検出コイル6に印加されると、電流検出コイル6に入射される寸前において第2の偏光フィルタ14および第1の1/4波長板16により、また第3の偏光フィルタ15および第2の  
20 1/4波長板17によりそれぞれ円偏光に変換された右回り光および左回り光の間には、磁界によるファラデー効果により位相差が生じる。右回り光に対してファラデー効果が+に作用した場合、左回り光にはファラデー効果は-に作用する。このファラデー効果の作用により右回り光および左回り光間に位相差が生じる。これら電流検出コイル6を通過した左回り光および右回り光は第2の光分岐器4  
25 において合成干渉し、その結果、両光の位相差に応じた光強度変化した位相変調光が受光器7に受光されることになる。受光器7に到達した干渉位相変調光はここにおいてその光強度変化に応じた振幅の電気信号に変換される。受光器7よりの電気信号は同期検波器8にて、発振回路9から供給される信号を参照信号として同期検波され、電流検出コイル6に印加される磁界に比例する位相差に応じた

検波出力が得られる。

ここで、デポラライザおよび無偏光について説明する。

無偏光とは、直交モード間の光量が等しく、直交モード間の光がインコヒーレントであるという条件を満足する光をいう。この条件を満足する光はデポラライザを通過させることにより得られる。デポラライザは例えば図4に示すように、長さ $L_1$ の偏波維持光ファイバ21と、長さ $L_2$ の偏波維持光ファイバ22とが各一方の端面が接合されて構成され、長さ $L_1$ と $L_2$ の比は1:2とされ、かつ両偏波維持光ファイバ21と22の固有軸 $x$ 、 $y$ が $45^\circ$ ずらされた状態で相互に融着されている。ここに構成されたデポラライザは、リオ型デポラライザと称され、このリオ型デポラライザの単位長さ $L_u$ は、通常、偏波維持光ファイバの2本の固有軸 $x$ 、 $y$ を光が伝播することにより生ずる直交成分間の群遅延時間差を光のコヒーレント時間以上に設定する長さ、とされる（詳細は、Journal of Lightwave Technology Vol.LT1 No1 Mar 1983 P71-74 参照）。

このリオ型デポラライザにおいて、直交成分間の群遅延時間差に比率を持たせるには、偏波維持光ファイバの長さ $L_1$ と $L_2$ に比率を持たせる。これを、第1のデポラライザ11、第2のデポラライザ12、第3のデポラライザ13により生じた直交成分間の群遅延時間差が光のコヒーレント時間より大きく、第1のデポラライザ11、第2のデポラライザ12、第3のデポラライザ13のそれぞれで生じた直交成分間の群遅延時間差の比率を例えば1:2:4とする。この場合、各偏波維持光ファイバのビート長は等しいものとする。1つのデポラライザにより、固有軸 $x$ と $y$ との群遅延時間差が光のコヒーレント時間以上になるが、その無偏光とされた光がシングルモード光ファイバを伝搬中にその偏光面が回転し、次のデポラライザにおいては先のデポラライザでは例えば固有軸 $y$ の成分が遅らされたが、その成分が次のデポラライザは $x$ 成分として入射されるおそれがあり、そのような場合はそのデポラライザを通過した光は直交成分間の群遅延時間差が光のコヒーレント時間以下になり、無偏光の条件を満たさなくなる。そのような場合でも、最初のデポラライザに対し次のデポラライザの群遅延時間差が2倍になっていれば、このデポラライザを通過した時には光の直交成分間の群遅延時間差は必ず光のコヒーレント時間以上となり、無偏光となる。

図1に示した構成からデポラライザ11, 12, 13で、それぞれ生じる群遅延時間差の比率は4:1:2でもよく、その順に関係なく1:2:4の比率の差より大きければ問題ないことは明らかである。

- 第1のデポラライザ11: リオ型デポラライザの単位長さ20cm (比率1)
- 5 通常の偏波維持光ファイバのビート長は2mm程度であり、使用する光のコヒーレント時間を $1.6 \times 10^{-13}$ 秒程度とすれば、長さ20cmの偏波維持光ファイバを伝播する間に直交成分間の群遅延時間差は $2.7 \times 10^{-13}$ 秒となり、これはコヒーレント時間以上となる。なお、これは、光ファイバジャイロで一般的に使用されるスーパールミネセントダイオードの光源のコヒーレント時間である。
- 10 第2のデポラライザ12に用いるリオ型デポラライザの単位長さを40cm (比率2)、第3のデポラライザ13に用いるリオ型デポラライザの単位長さを80cm (比率4) とする。

- このようにすれば、第1のデポラライザ11、第2のデポラライザ12、第3のデポラライザ13は偏波維持光ファイバにより構成され、偏波維持光ファイバ
- 15 により生じた直交成分間の群遅延時間差が光のコヒーレント時間より大きく、第1のデポラライザ11、第2のデポラライザ12、第3のデポラライザ13で生じた直交成分間の群遅延時間差の比率が1:2:4又は1:4:2あるいはこれらの比以上の差とされていることにより、左右両回り光が無偏光のまま光路をそれぞれ伝播し、左右両回り光が合波するので、偏光成分による零点ドリフトの誤
- 20 差を抑制することができる。

図3に示した実施例においては、上述した通り、光学素子相互間を接続する光ファイバはすべてシングルモード光ファイバにより構成しているので、偏光は偏波面を保存することを保証しないシングルモード光ファイバを伝播するうちに偏光面が多少変化する。

- 25 ところが、光源1と第1の光分岐器2を接続する光ファイバを安価なシングルモード光ファイバにより構成し、第1の光分岐器2を安価なシングルモード光ファイバにより構成し、これらを伝播、分岐することにより偏波面を保存することを保証されない光が伝送されても、第1の光分岐器2と第1の偏光フィルタ3の間に第1のデポラライザ11を接続させることにより無偏光が得られ、この無偏

光を第1の偏光フィルタ3に入射して適正な直線偏光を得ることができる。そして、第1の偏光フィルタ3から出射される直線偏光は、第2の光分岐器4から第2のデポラライザ12と第3のデポラライザ13とにそれぞれ至る長尺のシングルモード光ファイバを伝播するうちに偏光面が変化するが、この偏光面が変化しても、電流検出コイル6の両端部に第2のデポラライザ12と第2の偏光フィルタ14の組、また第3のデポラライザ13と第3の偏光フィルタ15の組により、  
5 それぞれ所定偏光面内の直線偏光に戻され、これら直線偏光は1/4波長板16、17を通り、電流検出コイル6には必要な円偏光として入射される。

同様にして、電流検出コイル6をそれぞれ周回して出射した左回り光及び右回り光はそれぞれ第2の1/4波長板17及び第3の偏光フィルタ15、また第1の1/4波長板16及び第2の偏光フィルタ14によりそれぞれ、電流検出コイル6の通過に基づく位相差を保持した状態で所定偏光面の直線偏光とされ、これら直線偏光はそれぞれ第3のデポラライザ13、第2のデポラライザ12でそれぞれその位相差を保持した状態で無偏光に変換され、それぞれシングルモード光  
15 ファイバを通じ、第2の光分岐器4で全波干渉されて、前記位相差に応じた強度変化する干渉光とされ、この干渉光は第1の偏光フィルタ3により所定偏光面の直線偏光とされ、更に第1のデポラライザ11により前記強度変化を保持した状態の無偏光とされ、この無偏光の干渉光はシングルモード光ファイバよりなる第1の光分岐器2を通じて受光器7に入射され、その光強度変化に応じて振幅が変  
20 化する電気信号に変換され、この電気信号が検波回路8で同時検波される。

以上述べたように光学素子相互間を接続する光路はすべて安価なシングルモード光ファイバにより構成しながら、第1の光分岐器2と第1の偏光フィルタ3の間に第1のデポラライザ11を設け、更に電流検出コイル6の両端部にデポラライザ、偏光フィルタ、1/4波長板を設けることにより多少変化した偏光面を所  
25 定偏光面に戻すことにより、適正な動作をすると共に全体としては安価なサニヤック干渉計型電流センサを構成することができる。

図5に示すように、光源1と第1の光分岐器2を接続する光ファイバを安価なシングルモード光ファイバにより構成し、第1の光分岐器2を安価なシングルモード光ファイバにより構成し、第1の光分岐器2と第1の偏光フィルタ3の間に

第1のデポラライザ11を接続させる。しかし図3に示した実施例の如く第2の  
デポラライザ12と第2の偏光フィルタ14の組、および第3のデポラライザ1  
3と第3の偏光フィルタ15の組は設けることなく、第2の光分岐器4から第1  
の1/4波長板16および第2の1/4波長板17にそれぞれ至る各光学素子お  
よび光ファイバは図1に示した従来例と同様に偏波維持光ファイバにより構成す  
5 る。この実施例において、光源1から第1のデポラライザ11に到るまで光は偏  
波面を保存すること能保证されないが、第1の光分岐器2と第1の偏光フィルタ  
3の間に第1のデポラライザ11を接続させることにより無偏光が得られ、この  
無偏光を第1の偏光フィルタ3に入射し、その後に偏波維持光ファイバにより、  
10 第1の1/4波長板16、第2の1/4波長板16に適正な直線偏光を入射させ  
ることができらる。

この実施例においては、光源1として発光ダイオード(LED)のような無偏  
光を出射するものを用いることにより、光源1からの光の固有軸と偏波維持光フ  
ァイバの固有軸とを合わせる厄介な調整が不要になり頗る便利である。

15 更に図3に示した実施例において、第1のデポラライザ11を除去し、かつ光  
源1としては、LEDの如き無偏光特性の光を発生する光源を使用する。この場  
合も適正に動作し、かつ光源1と光ファイバとの軸合せを必要とせず、更に光フ  
ァイバとしてシングルモード光ファイバを使用でき安価に構成できる。第2のデ  
ポラライザ12と第3のデポラライザ13の各直交成分の群遅延時間比のその一  
20 方を1とする時、他方を2以上にすればよい。

更に図3、図5にそれぞれ示した実施例において、図2に示したように長さ調  
整用光ファイバコイルを設けてもよい。この場合前者ではシングルモード光フ  
ァイバにより、後者の場合は偏波維持光ファイバによりそれぞれ長さ調整用光フ  
ァイバコイルを構成する。

25 長さ調整用光ファイバコイルを用いた場合は、特に、図6に示すように構成す  
るとよい。図6において図3と対応する部分に同一参照符号を付けてある。第2  
の光分岐器4の一方の分岐端と第1の1/4波長板16との間の光ファイバの経  
路を第1の光路と称し、第2の光分岐器4の他方の分岐端と第2の1/4波長板  
17の間の光ファイバの経路を第2の光路と称す。

この実施例では前記第 1 の光路に左回り長さ調整用光ファイバコイル 7 1 が直列に挿入され、前記第 2 の光路に右回り長さ調整用光ファイバコイル 7 2 が直列に挿入される。つまり長さ調整用コイルが両光路に分割されて挿入され、左回り長さ調整用光ファイバコイル 7 1 および右回り長さ調整用光ファイバコイル 7 2 は、それぞれシングルモード光ファイバであり、光ファイバコイルとして構成される。これら長さ調整用光ファイバ 7 1、7 2 はそれぞれその光ファイバコイルの回転によるサニャック効果が生じ、長さ調整用光ファイバ 7 1、7 2 を伝搬する光の位相が変化する。これら長さ調整用光ファイバコイル 7 1、7 2 に生じるサニャック効果が電流検出コイル 6 の本来の磁界によるファラデー効果により生じた左回り光と右回り光との位相差に影響を及ぼさない構成を採用する必要がある。ここで、左回り長さ調整用光ファイバコイル 7 1 と右回り長さ調整用光ファイバコイル 7 2 の巻回の向きを互いに逆向きとし、かつ両光ファイバコイル 7 1 及び 7 2 の中心軸をほぼ同一直線上に位置させる。この構成により、左回り長さ調整用光ファイバコイル 7 1 と右回り長さ調整用光ファイバコイル 7 2 によるサニャック効果は互いに相殺される。図 1 に示した従来の電流センサによれば、電流検出コイル 6 がその中心軸よりに回転すると、サニャック効果により、左回りと右回り光との間に位相差が生じ、この位相差は電流検出の誤差となる。

従って、図 6 に示した実施例において、電流検出コイル 6、左回り長さ調整用光ファイバコイル 7 1、右回り長さ調整用光ファイバコイル 7 2 の 3 者における、サニャック効果による位相差が全体として小さくなるようにすればよい。このためには、コイル 6、7 1 及び 7 2 の各中心軸をほぼ同一方向に位置させ、下記の条件を満足することにより、電流検出コイル 6、光ファイバコイル 7 1、光ファイバコイル 7 2 でそれぞれ回転により生じたサニャック効果による位相差を全体としてより小さくすることができる。

$$| R_c \times L_c + R_1 \times L_1 - R_2 \times L_2 | < 5$$

$R_c$  : 電流検出コイルの平均半径 (例: 0.5 m)

$L_c$  : 電流検出コイルのファイバ長 (例: 10 m)

$R_1$  : 左回り長さ調整用光ファイバコイル 7 1 の平均半径 (例: 0.035 m = 35 mm)

$L_1$  : 左回り長さ調整用光ファイバコイル71の光ファイバ長 (例: 57 m)

$R_2$  : 右回り長さ調整用光ファイバコイル72の平均半径 (例: 0.035 m  
= 35 mm)

$L_2$  : 右回り長さ調整用光ファイバコイル72の光ファイバ長 (例: 200 m)

- 5 小括弧内に記載した具体例の場合、光ファイバ長の総和は267 mであり、典型的なサニャック干渉計である光ファイバジャイロとしての一般的な光ファイバ長である。先の式の右辺を5と設定することにより、サニャック効果による位相差を、図1に示した従来技術のものの半分以下にすることができる。

- 更に、図6に示した実施例において、前記第1の光路と前記第2の光路における各シングルモード光ファイバのカットオフ波長が、光源波長と比較して100  
10 nm以上長波長側にずらすとよい。これは、以下の通りに実施する。

光源1 : 波長0.83  $\mu$ m帯の半導体光源を採用する。この光源はコンパクトディスクプレイヤの光源として汎用されている。

- 光ファイバ : 波長1.3  $\mu$ m用シングルモード光ファイバを採用する。このシ  
15 ングルモード光ファイバのカットオフ波長は1.2  $\mu$ m程度であり、光通信において汎用されている。

- ここで、光ファイバのカットオフ波長が光源波長より100 nm以上長波長側にずれているので、通常は高次モードが伝播するが、図示される通り、第1の光路には左回り長さ調整用光ファイバコイル71が接続され、第2の光路には右回  
20 り長さ調整用光ファイバコイル72が接続され、これらは前述したように小さい径のコイルとされているため、これらのコイルの曲げの効果により高次モードは容易に漏洩して伝播することはない。このような高次モードが漏洩するように光ファイバコイル71、72の各径が選定されている。つまり光源1及びシングルモード光ファイバとも安価な汎用品を使用することができる。

- 25 図6に示した実施例の場合も、図3に示した実施例の場合と同様に、シングルモード光ファイバを用いても第1のデポラライザ11、第2のデポラライザ12と第2の偏光フィルタ14の組と、第3のデポラライザ13と第3の偏光フィルタ15の組を設けることにより、電流センサとして良好に動作することは容易に理解されよう。



以上のサニヤック干渉計型電流センサは、電線を流れる電流により生じる磁界を検出する場合、電流検出コイル6を含む電流センサ全体を電線に近接して配置する必要があるものとされ、設置上およびその保守上多くの不都合、困難を伴う場合があった。そこで、サニヤック干渉計型電流センサを、これを構成する光学素子間において複数ブロックに機械的に分割し、分割されたブロック間を光コネクタおよび光ファイバを介して接続する構成を採用する。

光学素子間において複数ブロックに分割したサニヤック干渉計型電流センサの実施例を図7に、図3に示した実施例と共通する部材には共通する参照符号を付与して示す。

- 10 この実施例においては、第1の光分岐器2と第2の光分岐器4の間を分割して、分割された光源側ブロックBと電流検出コイル側ブロックCの2ブロックを第1の光コネクタ21、第2の光コネクタ22、第1の光コネクタ21と第2の光コネクタ22相互間を接続する延長光ファイバ20により接続する。ここで、延長光ファイバ20はシングルモード光ファイバより成り、第1の光コネクタ21および第2の光コネクタ22はシングルモード光ファイバ接続用光コネクタより成る。ここで、図7においては、第1の光分岐器2と第1のデポラライザ11との間を分割するところが示されているが、この分割点を第1の偏光フィルタ3と第2の光分岐器4に設定することもできる。

- 20 第1の光分岐器2と第2の光分岐器4の間を光コネクタおよび光ファイバを介して接続する構成を採用することにより、光源側ブロックBと電流検出コイル側ブロックCに分割され、高圧鉄塔の近傍の地上に光源側ブロックBを設置すると共に、高圧電線近傍に電流検出コイル側ブロックCのみを分離設置することができ、電流センサ全体を高圧電線近傍に設置する場合と比較して、設置保守に関する種々の困難な条件を緩和することができる。

- 25 以上のような分割を実施することができるのも、光学素子間をシングルモード光ファイバにより接続したことによる効果であることができる。即ち、第1の光コネクタ21と第2の光コネクタ22相互間を接続する延長光ファイバ20も、これをシングルモード光ファイバとすることができると共に、第1の光コネクタ21と第2の光コネクタ22もシングルモード光ファイバ相互を接続する

シングルモード光ファイバ接続用光コネクタとすることができる。光学素子間を接続する光ファイバが偏波維持光ファイバである場合は、これに対応して光コネクタも当然に偏波維持光ファイバ接続用の光コネクタとすることになるが、偏波維持光ファイバ接続用光コネクタの価格はシングルモード光ファイバ接続用光コネクタと比較して格段に高価となる。この実施例の場合、安価なシングルモード

5    光ファイバ接続用光コネクタによりブロック相互間を接続することができる。

図8に示す実施例は、第2の光分岐器4と第1の1/4波長板16および第2の1/4波長板17の間を分割し、分割された光源側ブロックBと電流検出コイル側ブロックCの2ブロックを、第1の光コネクタ21、第2の光コネクタ22、

10    第1の光コネクタ21と第2の光コネクタ22相互間を接続する2本の延長光ファイバ20により接続する。この実施例の場合、先の実施例の場合と比較して電流検出コイル側ブロックCの構成は更に簡略化され、設置保守に関する種々の困難な条件を緩和することができる。第1の光コネクタ21、第2の光コネクタ22をそれぞれ2心コネクタとし、2本の延長光ファイバ21によりブロックBと

15    ブロックCの接続作業を簡単にすることもできる。図7及び図8に示したブロックに分割し、これらを接続する構成は、図5及び図6に示した実施例にも適用できる。上述では電流の測定を開ループで測定したが、閉ループ光ファイバジャイロと同様に閉ループで測定するようにすることができ、その場合も、この発明を適用することができる。なおこの場合は簡単に述べると、第2の光分岐器4と第

20    1の1/4波長板16及び第2の1/4波長板17との間の何れかの光路に、第2の光位相変調器を挿入して、検波回路8の出力により、左回り光と右回り光との位相差が減少するように光位相変調を行い、その位相差がほぼゼロになった時の第2の光位相変調器の変調信号の振幅が検出電流と対応したものとなる。

以上述べたこの発明に依れば、サニャック型干渉計を使用し、磁界の影響により電流検出コイルに生ずる左右両周り光の間の位相差を検出するものであり、電

25    流検出コイル両端部に偏光フィルタと1/4波長板を配して左右両周り光を円偏光として伝播させることで磁界により生じる非相反な位相差を最大にして磁界、即ち電流に対する感度を最適化している。その計測レンジは光ファイバジャイロにおける実績から4桁以上の計測レンジを容易に実現することができる。そして、

偏光フィルタとデポラライザの組合せを用いることにより、少なくとも光源との結合が簡単となり、更に構成の仕方によっては各光学素子及びこれら素子間を安価なシングルモード光ファイバで構成することができ、低コストでサニャック干渉計型電流センサを構成することができる。特に、サニャック干渉計型電流センサにおいては、第2の光分岐器の一方の分岐と第1の1/4波長板の間の光ファイバの第1の光路に長さ調整用光ファイバコイルを直列に接続し、第2の光分岐器の他方の分岐と第2の1/4波長板の間の光ファイバの第2の光路に長さ調整用光ファイバコイルを直列に接続した構成とした場合は、この長さ調整用光ファイバコイルの光ファイバ長は90m程度に設計される極めて長いものであるので、これを安価なシングルモード光ファイバで構成することによるコスト低下の効果は大きい。

そして、光学素子相互間を接続する光路はすべて安価なシングルモード光ファイバにより構成しながら、電流検出コイル6の両端部にデポラライザ、偏光フィルタ、1/4波長板を具備した場合は、多少変化した偏光面を所定偏光面に戻すことにより、適正な動作をすると共に全体としては安価なサニャック干渉計型電流センサを構成することができる。

また、光源1と第1の光分岐器2を接続する光ファイバを安価なシングルモード光ファイバにより構成し、第1の光分岐器2を安価なシングルモード光ファイバにより構成し、第1の光分岐器2と第1の偏光フィルタ3の間に第1のデポラライザ11を接続させる実施例の場合、光源1から第1のデポラライザ11に到るまで光は偏波面を保存することを保証されないが、第1の光分岐器2と第1の偏光フィルタ3の間に第1のデポラライザ11を接続させることにより無偏光が得られ、この無偏光を第1の偏光フィルタ3に入射し、これより適正な直線偏光として第1の1/4波長板16、第2の1/4波長板17に入射させることができる。

更に、左回り長さ調整用光ファイバコイル71と右回り長さ調整用光ファイバコイル72の捲回の向きを互いに逆向きとする場合は、左回り長さ調整用光ファイバコイル71と右回り長さ調整用光ファイバコイル72によるサニャック効果は互いに相殺することができる。

ここで、電流検出コイル6、左回り長さ調整用光ファイバコイル71、右回り長さ調整用光ファイバコイル72の3者は、サニヤック効果による位相差に関して相互関係を有しているが、 $|R_0 \times L_0 + R_1 \times L_1 - R_2 \times L_2| < 5$  の条件を満足させる場合は、電流検出コイル、第1の光路のコイル、第2の光路のコイルでそれぞれ回転により生じたサニヤック効果による位相差をより小さくすることができる。

そして、 $R_0$ を0.5m、 $L_0$ を10m、 $R_1$ を35mm、 $L_1$ を57m、 $R_2$ を35mm、 $L_2$ を200mとすると、光ファイバ長の総和は267mであり、典型的なサニヤック干渉計である光ファイバジャイロとして一般的な光ファイバ長である。先の式の右辺を5と設定することにより、サニヤック効果による位相差を大きく減少することができる。

また、光ファイバのカットオフ波長が光源波長より100nm以上長波長側にずらすことにより、通常は高次モードが伝播するところ、第1の光路には左回り長さ調整用光ファイバコイル71が接続され、第2の光路には右回り長さ調整用光ファイバコイル72が接続された構成とした場合は、これらのコイルの曲げの効果により高次モードは容易に漏洩して伝播することはない。しかも安価な汎用品を用いることができる。

更に、第1の光分岐器2と第2の光分岐器4の間を光コネクタおよび光ファイバを介して接続する構成を採用する場合は、光源側ブロックBと電流検出コイル側ブロックCに分割され、高圧鉄塔の近傍の地上に光源側ブロックB設置すると共に、高圧電線近傍に電流検出コイル側ブロックCのみを分離設置することができる。電流センサ全体を高圧電線近傍に設置する場合と比較して、設置保守に関する種々の困難な条件を緩和することができる。以上の通りの分割を実施することができるのも、光学素子間をシングルモード光ファイバにより接続したことによる効果であるとすることができる。また、第2の光分岐器4と第1の1/4波長板16および第2の1/4波長板17の間を分割し、分割された光源側ブロックBと電流検出コイル側ブロックCの2ブロックを第1の光コネクタ21、第2の光コネクタ22、第1の光コネクタ21と第2の光コネクタ22相互間を接続する延長光ファイバ20により接続する構成を採用する場合は、先の実施例の場合と

比較して、電流検出コイル側ブロック C の構成は更に簡略化され、設置保守に関する種々の困難な条件を緩和することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. 光源と、その光源からの光が入射される光方向性結合器と、その光方向性結合器から出射される光を入射し、所定の直線偏光を出射させる第1の偏光フィルタと、第1の偏光フィルタから出射される光を2分岐する第2の光分岐器と、その第2の光分岐器の一方の分岐端に接続された光位相変調器と、上記第2の光分岐器の他方の分岐端および上記光位相変調器よりそれぞれ左回り光および右回り光が入射される電流検出コイルと、上記光位相変調器と上記電流検出コイルとの間に挿入された第1の $1/4$ 波長板と、上記第2の光分岐器の他方の分岐端と上記電流検出コイルとの間に挿入された第2の $1/4$ 波長板とを有するサニヤック干渉計型電流センサにおいて、

上記光方向性結合器と上記第1の偏光フィルタの間に挿入された第1のデポラライザを備えることを特徴とするサニヤック干渉計型電流センサ。

2. 上記光位相変調器と上記第1の $1/4$ 波長板との間に挿入され、直列に接続された第2のデポラライザ及び第2の偏光フィルタと、

上記第2の光分岐器の他方の分岐端と第2の $1/4$ 波長板との間に挿入され、直列に接続された第3のデポラライザ及び第3の偏光フィルタとを備え、

上記第2のデポラライザは上記光位相変調器側に接続され、かつ上記第3のデポラライザは上記第2の光分岐器側に接続されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載のサニヤック干渉計型電流センサ。

3. 上記第1のデポラライザ、上記第2のデポラライザ、上記第3のデポラライザはそれぞれ偏波維持光ファイバにより構成され、各デポラライザに生じた光の直交成分間の群遅延時間差の比率は、上記第1のデポラライザ、上記第2のデポラライザと第3のデポラライザとがその順に無関係に1:2:4の差以上であることを特徴とする請求の範囲第2項記載のサニヤック干渉計型電流センサ。

4. 光源と、その光源からの光が入射される光方向性結合器と、その光方向性結合器から出射された光が入射され、所定の直線偏光を出射させる第1の偏光フィルタと、その第1の偏光フィルタから出射される光を2分岐する第2の光分岐器と、その第2の光分岐器の一方の分岐端に接続された光位相変調器と、上記第

2の光分岐器の他の分岐端および上記光位相変調器から、それぞれ左回り光および右回り光が入射される電流検出コイルと、上記光位相変調器と上記電流検出コイルの間に挿入された第1の1/4波長板と、上記第2の光分岐器の他方の分岐端と上記電流検出コイルとの間に挿入される第2の1/4波長板とを有するサニヤック干渉計型電流センサにおいて、

上記光位相変調器と上記第1の1/4波長板との間に挿入され、直列に接続された第2のデポライザと第2の偏光フィルタと、

上記第2の光分岐器の他方の分岐端と上記第2の1/4波長板との間に挿入され、直列に接続された第3のデポライザと第3の偏光フィルタとを備え、

10 上記第2のデポライザは上記光位相変調器側に接続され、上記第3のデポライザは上記第2の光分岐器側に接続され、

上記光源は無偏光特性の光源であることを特徴とするサニヤック干渉計型電流センサ。

5. 上記第2のデポライザと上記第3のデポライザは偏波維持光ファイバにより構成され、両デポライザに生じた光の直交成分間の群遅延時間差の比率が1:2の差以上であることを特徴とする請求の範囲第4項記載のサニヤック干渉計型電流センサ。

6. 上記第2の光分岐器の一方の分岐端と上記第1の1/4波長板の間に直列接続された第1の長さ調整用光ファイバコイルと、

20 上記第2の光分岐器の他方の分岐端と上記第2の1/4波長板の間に直列に接続された第2の長さ調整用光ファイバコイルとを備え、

これら両長さ調整用光ファイバコイルの巻回の向きは互いに逆向きであり、かつ中心軸はほぼ同一直線上にあることを特徴とする請求の範囲第2項記載のサニヤック干渉計型電流センサ。

25 7. 上記第2の光分岐器の一方の分岐端と上記第1の1/4波長板の間に直列に接続された第1の長さ調整用光ファイバコイルと、

上記第2の光分岐器の他方の分岐端と上記第2の1/4波長板の間に直列に接続された第2の長さ調整用光ファイバコイルとを備え、

これら両長さ調整用光ファイバコイルの巻回の向きは互いは逆向きであり、か

つ中心軸がほぼ同一直線上にあることを特徴とする請求の範囲第4項記載のサニヤック干渉計型電流センサ。

8. 上記電流検出コイルの中心軸は上記第1及び第2の長さ調整用光ファイバコイルの中心軸とほぼ同一直線上にあり、かつこれら電流検出コイル及び両長さ調整用光ファイバコイルは下記の条件を満足するものであることを特徴とする請求の範囲第6項又は第7項記載のサニヤック干渉計型電流センサ。

$$|R_c \times L_c + R_1 \times L_1 - R_2 \times L_2| < 5$$

但し、 $R_c$  : 電流検出コイルの平均半径

$L_c$  : 電流検出コイルの光ファイバ長

10  $R_1$  : 第1の長さ調整用光ファイバコイルの平均半径

$L_1$  : 第1の長さ調整用光ファイバコイルの光ファイバ長

$R_2$  : 第2の長さ調整用光ファイバコイルの平均半径

$L_2$  : 第2の長さ調整用光ファイバコイルの光ファイバ長

9. 上記第2の光分岐器の一方の分岐端と上記第1の1/4波長板との間の光路を構成する光ファイバ、及び上記第2の光分岐器の他方の分岐端と上記第2の1/4波長板との間の光路を構成する光ファイバはそのカットオフ波長が、上記光源の波長に対して少なくとも100nm以上長波長側にずれたシングルモード光ファイバにより構成されていることを特徴とする請求の範囲第6項又は第7項記載のサニヤック干渉計型電流センサ。

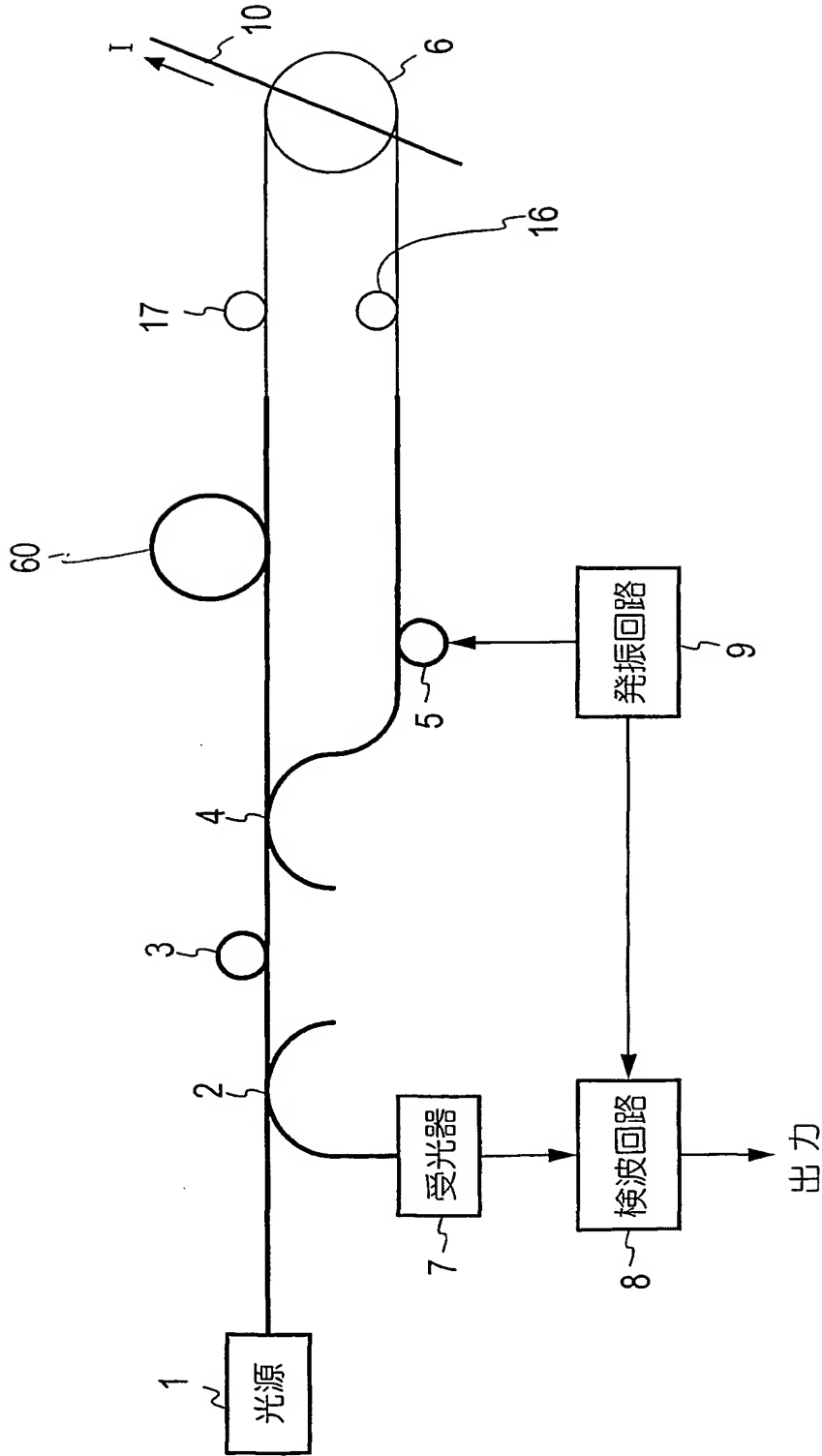
- 20 10. 上記光方向性結合器と上記第2の光分岐器の間が分割され、これらが、第1の光コネクタ、第2の光コネクタ、及びこれら第1の光コネクタと第2の光コネクタ相互間を接続する延長光ファイバにより接続されていることを特徴とする請求の範囲第1項乃至第7項の何れかに記載のサニヤック干渉計型電流センサ。

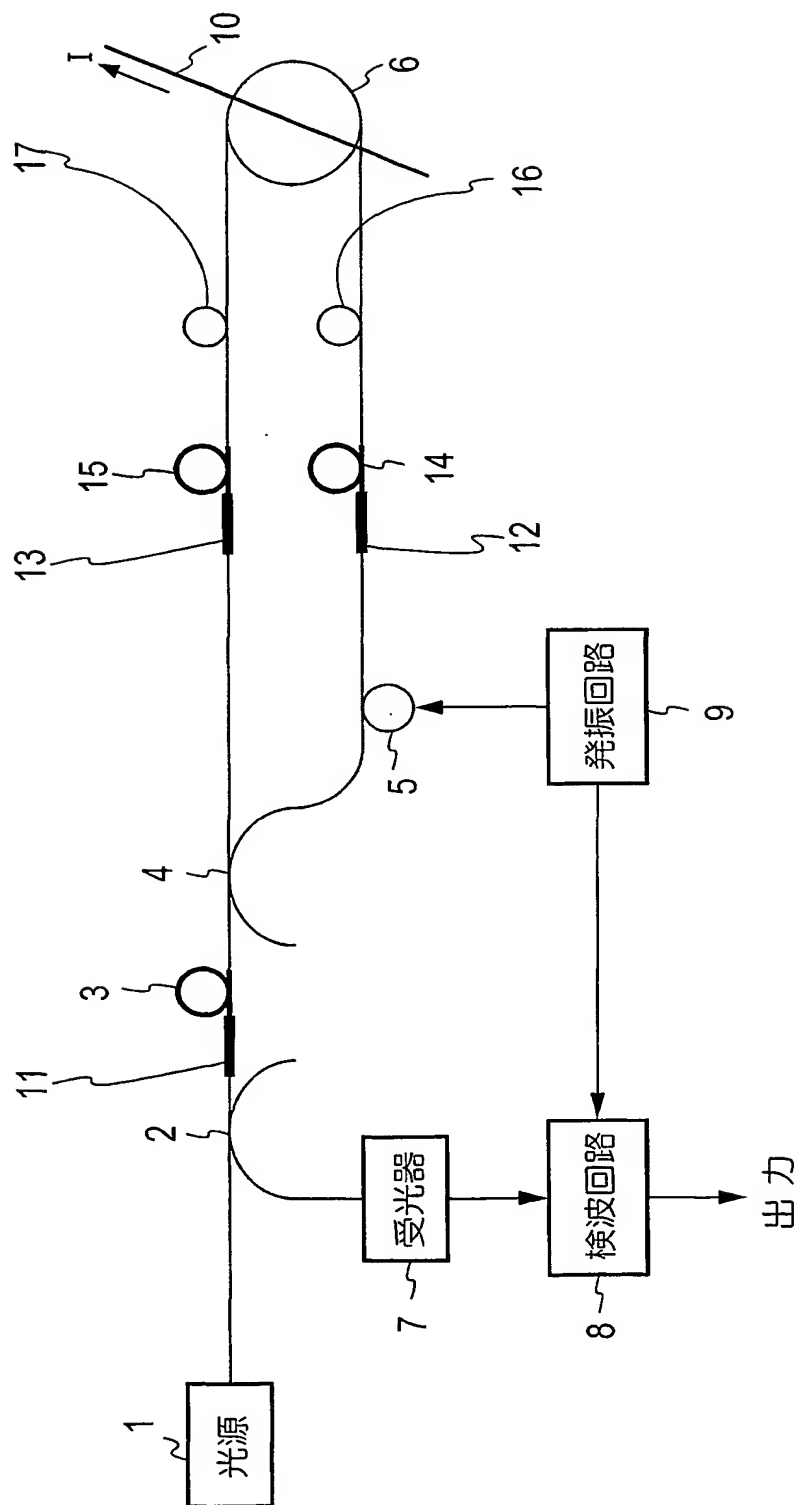
- 25 11. 上記第2の分岐器と上記第1の1/4波長板および上記第2の1/4波長板との間が分割され、これらが、第1の光コネクタ、第2の光コネクタ、及びこれら第1の光コネクタと第2の光コネクタ相互間を接続する延長光ファイバにより接続されていることを特徴とする請求の範囲第1乃至第7項の何れかに記載のサニヤック干渉計型電流センサ。





図2





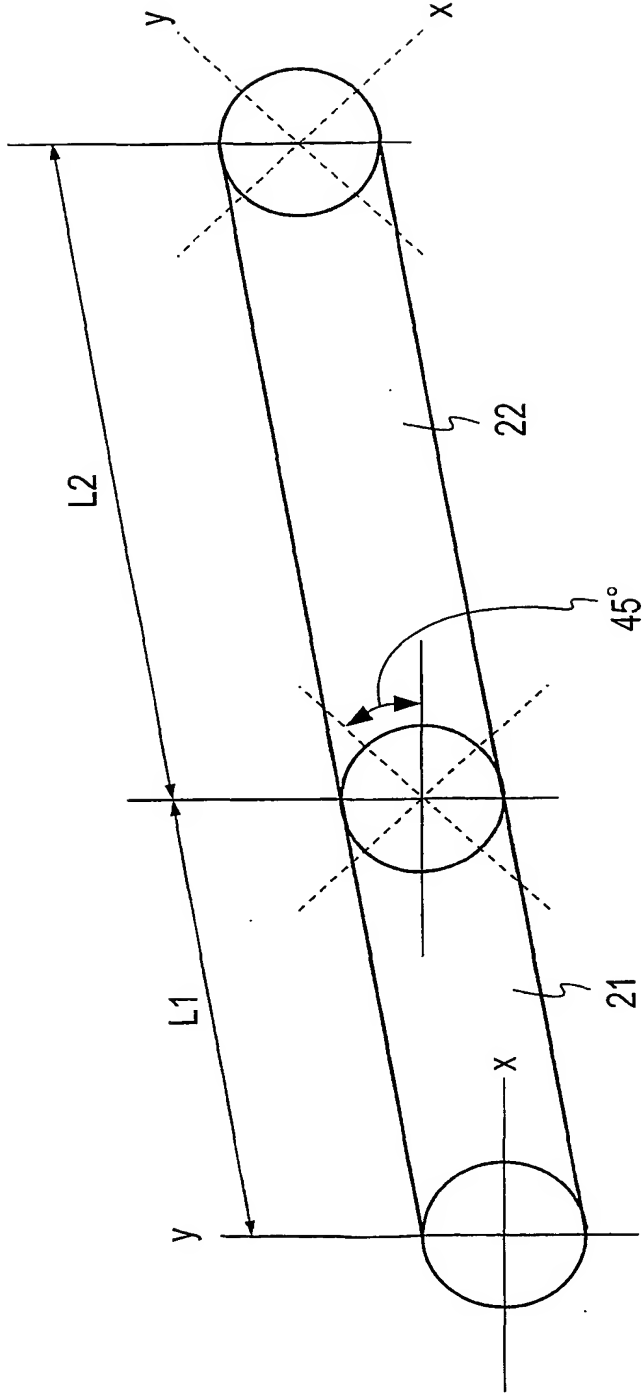


図 4

図 5

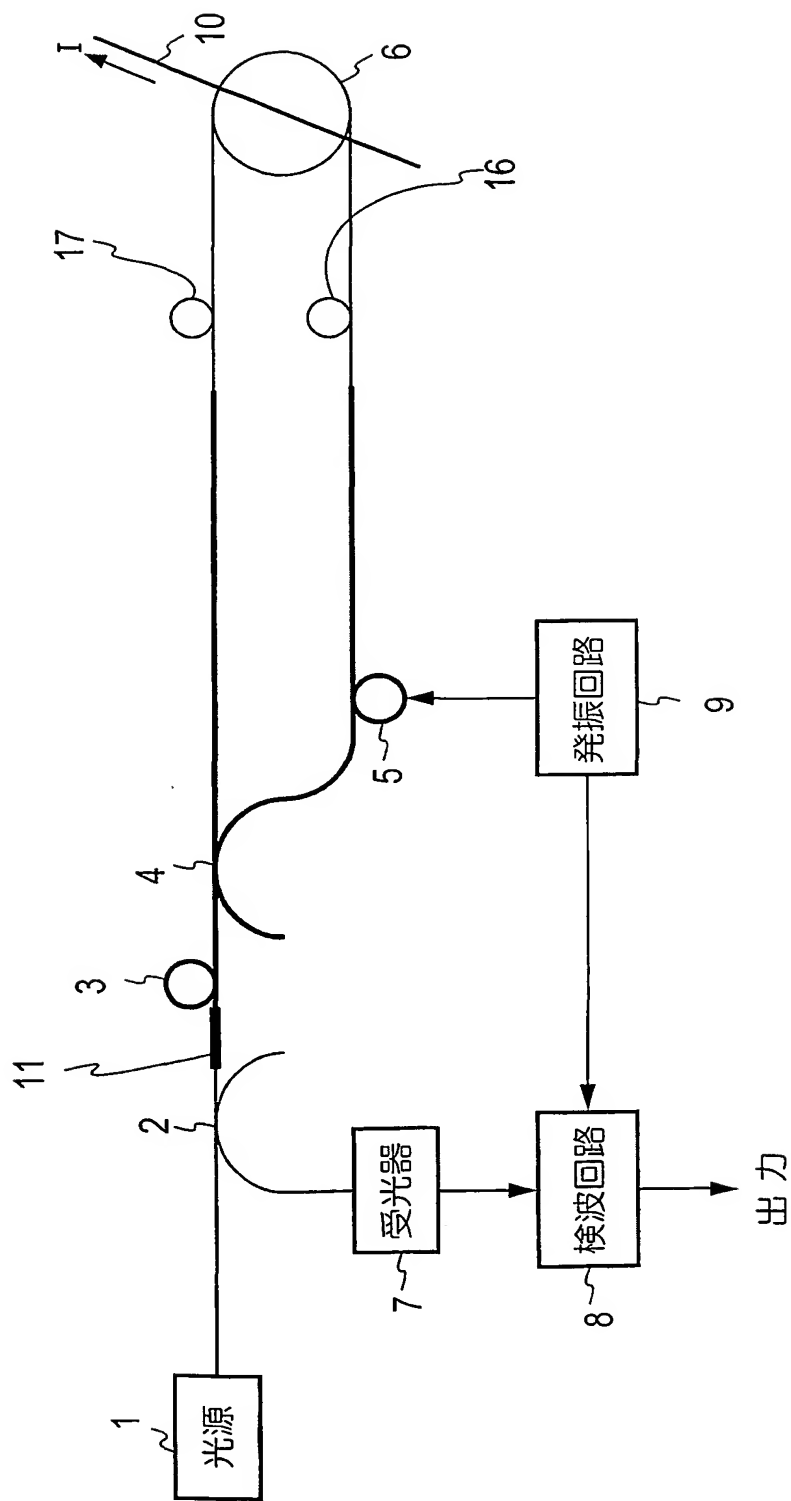


図 6

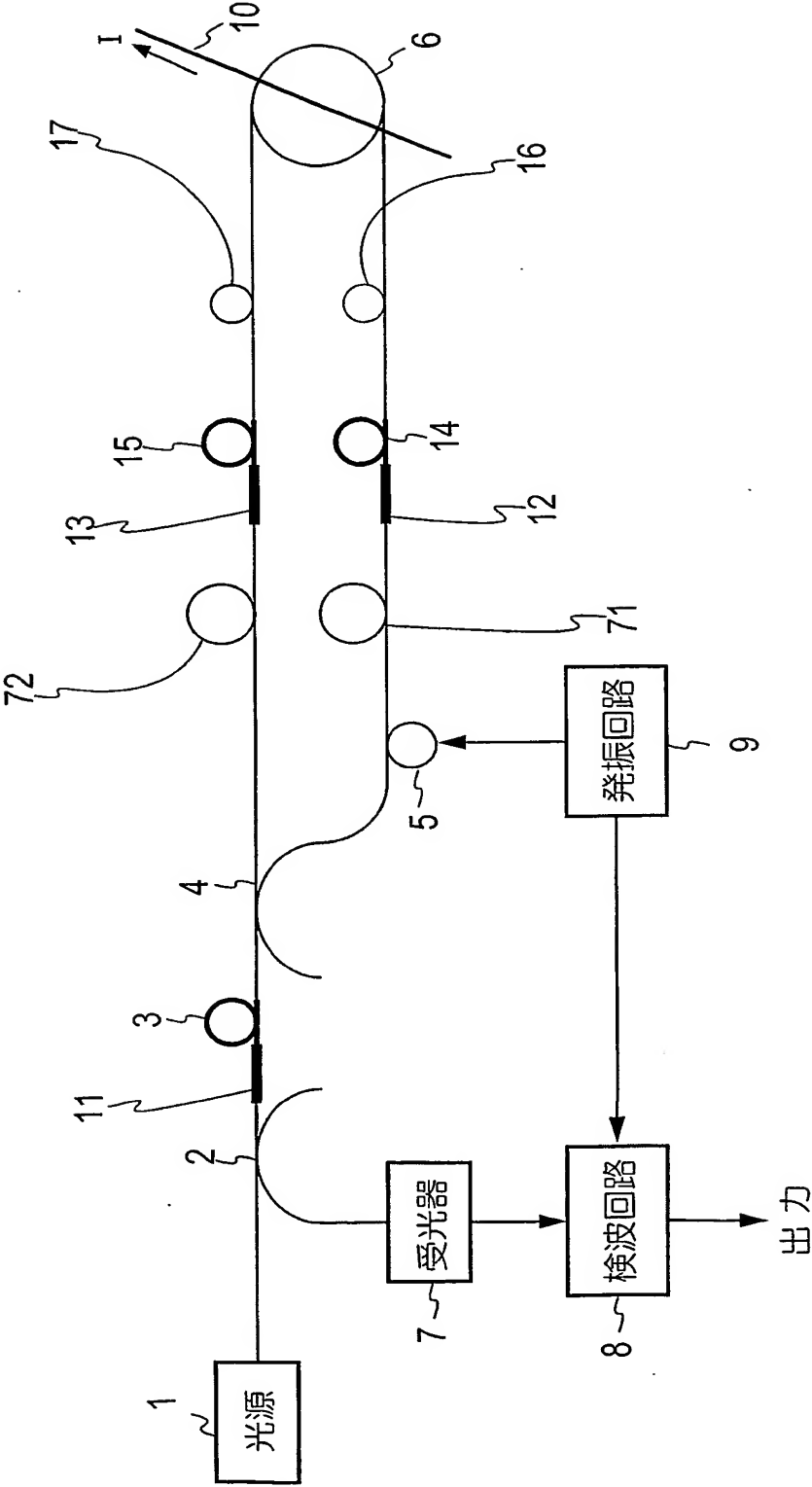


図 7

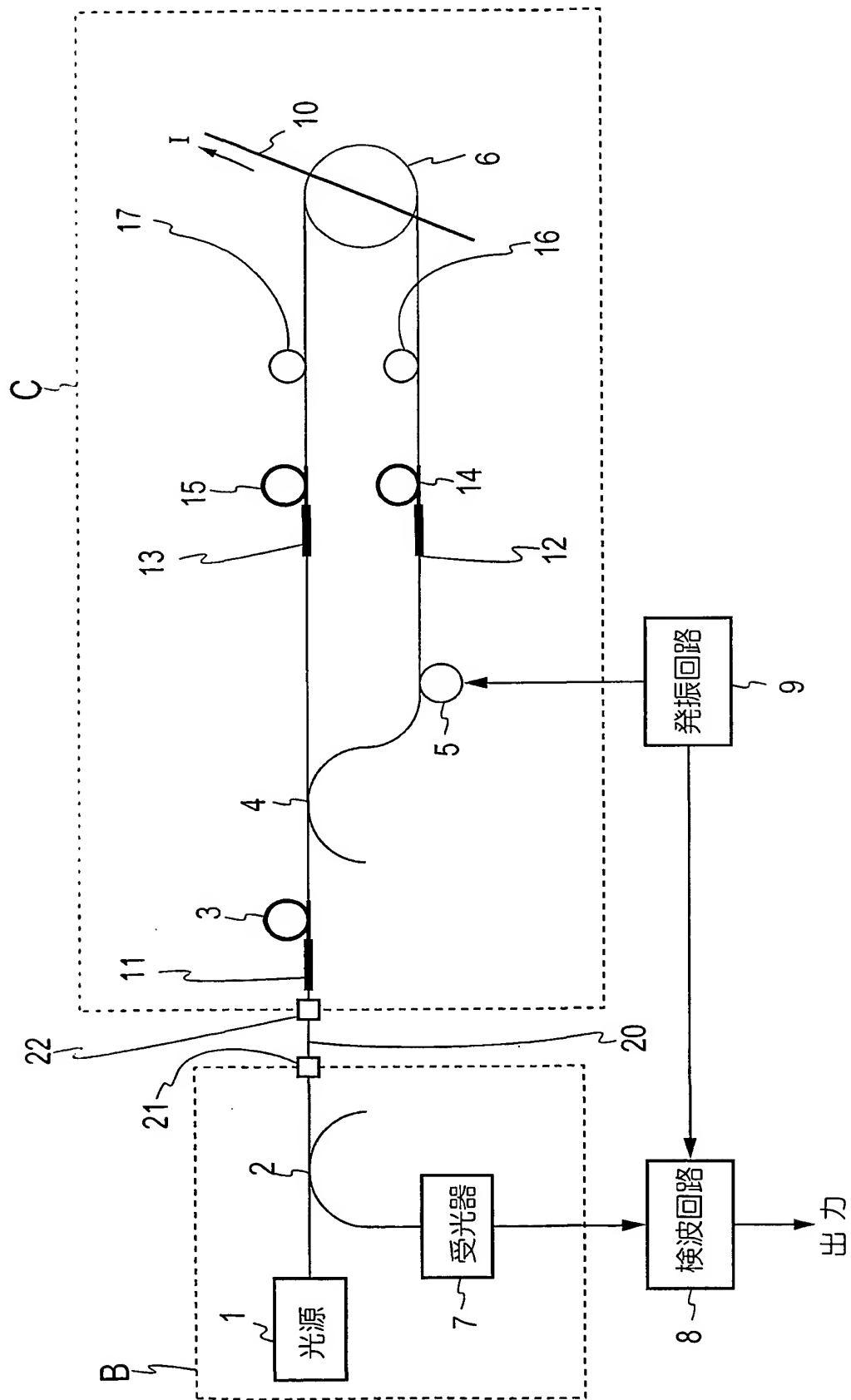
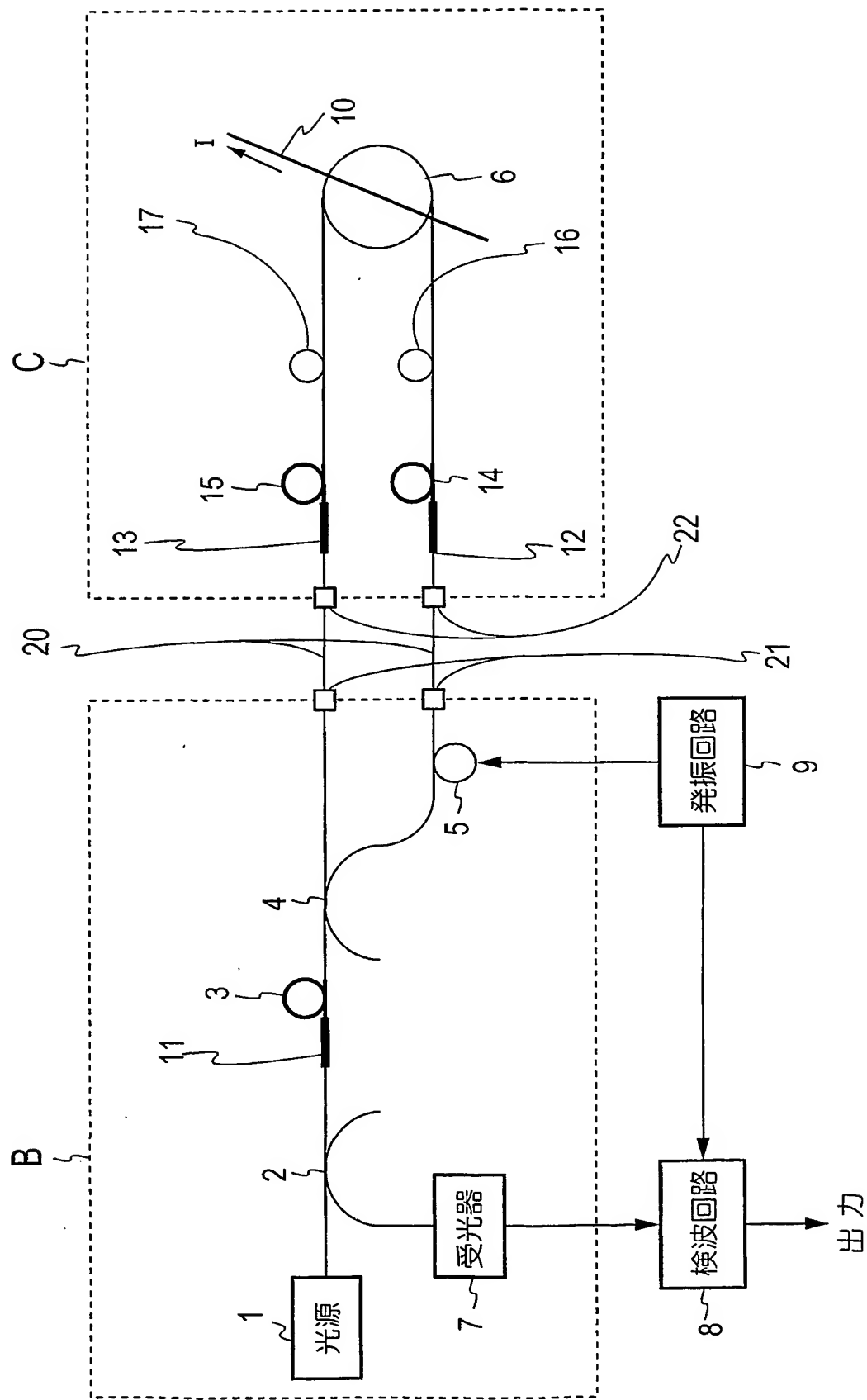


図 8





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/05853

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G01R15/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G01R15/22-24, G01C19/64-72

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 7-191061 A (Toshiba Corporation), 28 July, 1995 (28.07.95),	1, 2, 4
A	Full text; Fig. 3 (Family: none)	10, 11 3, 5-9
Y	JP 7-198398 A (Sumitomo Electric Ind., Ltd.), 01 August, 1995 (01.08.95), Full text; Fig. 3 (Family: none)	1, 2, 4
Y	JP 11-316247 A (Hitachi, Ltd.), 16 November, 1999 (16.11.99), Full text; Fig. 1 (Family: none)	10, 11
A	JP 6-347275 A (Japan Aviation Electron Ind., Ltd.), 20 December, 1994 (20.12.94), Full text; Fig. 1 (Family: none)	2, 4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
10 August, 2001 (10.08.01)Date of mailing of the international search report  
28 August, 2001 (28.08.01)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## 国際調査報告

(法 8 条、法施行規則第40、41条)  
〔PCT 18条、PCT規則43、44〕

出願人又は代理人 の書類記号 13F046	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220)及び下記5を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JPO1/05853	国際出願日 (日.月.年) 05.07.01	優先日 (日.月.年) 07.07.00
出願人 (氏名又は名称) 日本航空電子工業株式会社		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条 (PCT 18条) の規定に従い出願人に送付する。  
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

## 1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記録した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない (第 I 欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している (第 II 欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第 III 欄に示されているように、法施行規則第47条 (PCT規則38.2(b)) の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から 1 カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 3 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01R15/24

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01R15/22-24, G01C19/64-72

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2001年
日本国登録実用新案公報	1994-2001年
日本国実用新案登録公報	1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>Y</u>	J P 7-191061 A (株式会社東芝) 28. 7月. 1995 (28. 07. 95) 全文, 図3 (ファミリーなし)	<u>1, 2, 4,</u> <u>10, 11</u> <u>3, 5-9</u>
<u>A</u>		
<u>Y</u>	J P 7-198398 A (住友電気工業株式会社) 1. 8月. 1995 (01. 08. 95) 全文, 図3 (ファミリーなし)	<u>1, 2, 4</u>

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10. 08. 01

国際調査報告の発送日

28.08.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

尾崎 淳史

2T

3005

電話番号 03-3581-1101 内線 6297

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>Y</u>	J P 11-316247 A (株式会社日立製作所) 16. 11月. 1999 (16. 11. 99) 全文, 図1 (ファミリーなし)	<u>10, 11</u>
<u>A</u>	J P 6-347275 A (日本航空電子工業株式会社) 20. 12月. 1994 (20. 12. 94) 全文, 図1 (ファミリーなし)	<u>2, 4</u>